

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА СВОЙСТВА ПОРОШКОВОЙ СТАЛИ 304L

Юй Сяолинъ

Научный руководитель: Ваулина Ольга Юрьевна, к.т.н., доцент

Томский политехнический университет

Изделия, изготавливаемые технологией порошковой металлургии, рассматриваются в настоящее время в качестве перспективных конструкционных материалов в области материаловедения. Актуальными задачами данной технологии производства порошковых изделий является получение материалов, которые достаточно сложно или невозможно изготовить другим методом, достижение высоких технических показателей, где прослеживается экономный расход металла и исключение отходов, получение материалов с минимальным содержанием примесей и точным химическим составом [1, 2].

Целью работы является – исследовать влияние механической активации на свойства порошковой стали 304L.

Известно, что механическая активация приводит к увеличению запаса свободной энергии, что влияет на ускорение реакций между частицами и повышение свойств порошка. Активация измельчением, как новый способ ускорения физико-химических процессов, находит все более широкое применение. Она уже вышла из рамок лабораторных исследований и используется как средство ускорения технологических процессов или как способ изменения технологических параметров режимов обработки [1].

Материал и методы исследования. В работе была исследована сталь 304L, полученная с помощью порошковой металлургии. Химический состав порошковой смеси 304-L (для образца весом в 4г) представлены в таблице 1. В работе исследовали три группы прессованных образцов порошковой стали 304L: до (1 группа) и после механической активации в течение 1 (2 группа) и 5 минут (3 группа).

Таблица 1

Химический состав стали 304-L

Компоненты	Cr	Ni	Fe + C
Масса, г	0,76	0,36	2,88
Содержание, % (по весу)	19	9	71,99

Механическая активация порошков была проведена в планетарной шаровой мельнице центробежного типа АГО-2. Порошковую смесь

смешали в механическом смесителе типа «Пьяная бочка» в течение 24 часов. После, образцы были сформованы методом холодного одноосного прессования при давлении 255 МПа. Спекание было проведено при температуре 1300°C в течение 2 часа в вакууме. Пористость образцов была определена с помощью «Анализатора фрагментов микроструктуры твердых тел SIAMS 700™». Металлографический анализ проведён на лабораторном микроскопе «ЛабoМет-И». Микротвердость образцов была измерена на микротвердомере ПМТ-3.

Результаты исследования. Насыпную плотность порошка измеряли по методике в соответствии с ГОСТ 19440-94. Результаты измерения насыпной плотности порошковой смеси до и после механической активации представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что насыпная плотность самая высокая у порошка после механической активации в течение 1 минуты. Увеличение насыпной плотности в течение небольшого периода времени (1 минута), очевидно, связано с изменением формы (при измельчении частиц порошка) и перераспределением размеров частиц порошковой смеси. При большем периоде времени (5 минут) происходит агломерация частиц, т.е. частицы слипаются между собой, образуя большие объёмы – конгломераты неправильной формы (в сравнении с исходными)[3, 4].

Таблица 2

Характеристика образцов до и после спекания и пористость образцов

Время механической активации, мин	0	1	5
Насыпная плотность, ρ _{ср} , г/см ³	2,90±0,04	3,26±0,04	2,89±0,01
ρ _{ср} до спекания, г/см ³	5,38±0,02	5,70±0,08	5,36±0,04
ρ _{ср} после спекания, г/см ³	6,76±0,03	6,62±0,12	6,50±0,08
Усадка по объёму, %	23,20%±0,46	18,67%±1,08	20,81%±0,82
Пористость, %	1,46%±0,61	3,49%±1,30	1,02%±0,52
Средний диаметр пор, мкм	2,93±0,28	3,82±0,38	2,51±0,31
Средний диаметр зерна, мкм	14,67±0,10	17,79±0,13	16,28±0,21
Микротвердость, МПа	2657±160	2733±151	4094±461

Спекание – процесс развития межчастичного сцепления и формирования свойств изделия, полученных при нагреве

сформованного порошка. Спекание приводит к изменению размеров структуры и свойств исходных порошковых тел. Плотность, прочность и другие физико-механические свойства спеченных изделий зависят от условий изготовления: давления, прессования, температуры, формы частиц, времени и других факторов. Была рассчитана плотность образцов до и после спекания, таблица 2.

По результатам средней плотности по группам образцов построили гистограммы для образцов до и после спекания, рисунок 1.

Из рисунка 1 видно, что до спекания (синяя кривая) плотность образцов растет для образцов из порошковой смеси после механоактивации в течение 1 минуты; с увеличением времени активации плотность падает до значений плотности образцов без механической активации. После спекания (красная кривая) видно, что плотность образцов с увеличением времени механической активации монотонно падает. Предварительная механическая активация порошковой смеси приводит к снижению плотности за счет изменения формы исходного порошка, что затрудняет процесс спекания [3, 4].

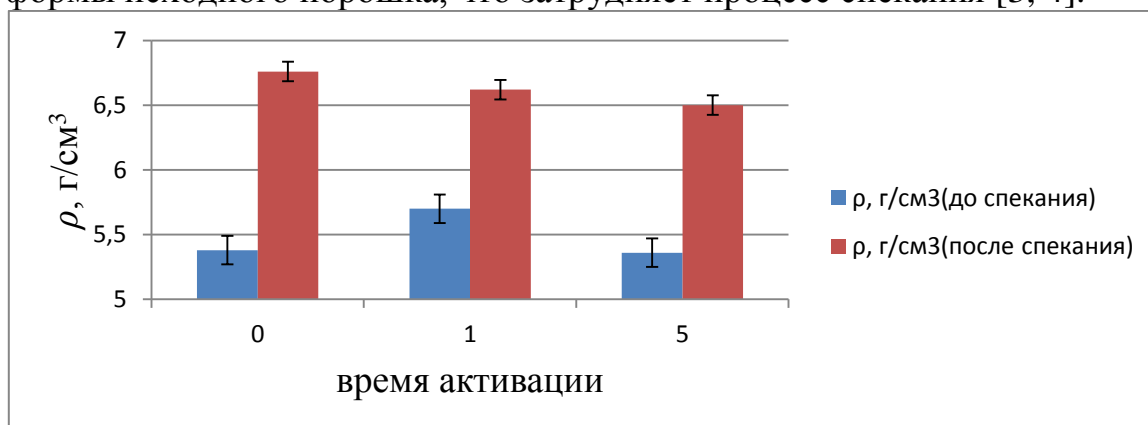


Рис. 1. Зависимость плотности образцов от времени активации

Исследования нетравленной полированной поверхности образцов позволяют оценить наличие пор, их количество, размер, форму и распределение в объеме образца. Нетравленная структура образца представлена на рисунке 2. На данных рисунках видно, что образцы имеют определенную остаточную пористость после спекания. Распределение пор в спеченных образцах довольно неравномерное, средний размер пор уменьшается с увеличением времени активации, таблица 2 и рисунок 1.

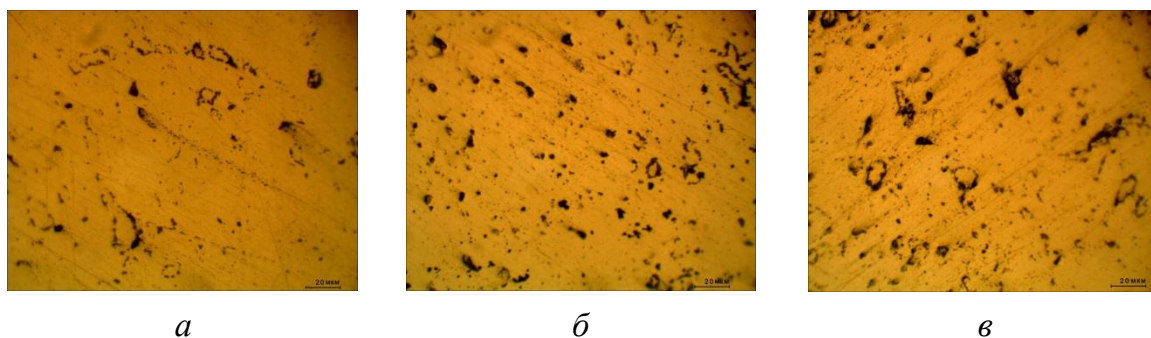


Рис. 2. Структуры поверхности нетравленных спеченных образцов:

а – без активации, б – активация на 1 минуту, в – активация на 5 минут

Из рисунка 2 видно, что с увеличением времени механической активации количество и качество пор меняется. Для образцов 1 группы поры сгруппированы, для образцов 2 группы – пор более равномерно распределены по всей поверхности. Для образцов 3 группы – поры, как и для образцов 1 группы, сгруппированы. Большинство пор имеют размер от 1 до 7 мкм, 2% всех пор имеют размер меньше 1 мкм, также встречаются поры и большего размера до 20 мкм (скорее всего это сгруппировавшиеся поры). Результаты пористости и размер пор представлены в таблице 3.

Для металлографического исследования поверхность образца подвергли травлению царской водкой. Изображения травленных поверхностей спеченных образцов приведены на рисунке 3.

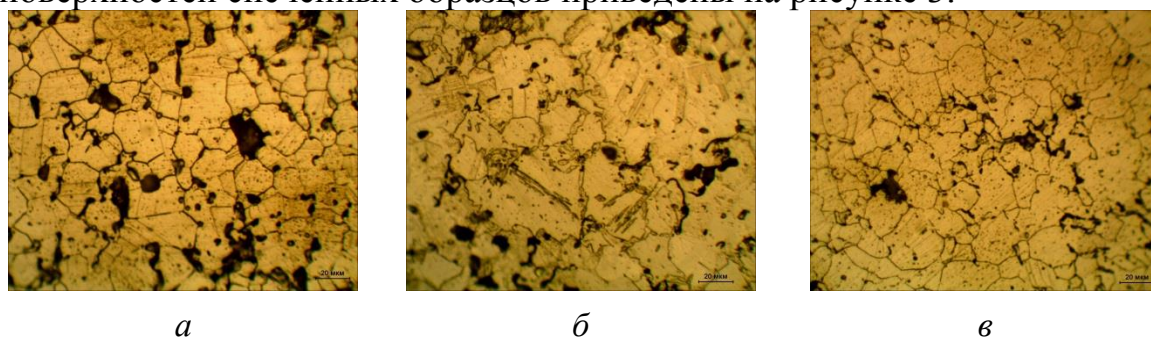


Рис. 3. Структура поверхности травленных спеченных образцов:

а – без активации, б – активация на 1 минуту, в – активация на 5 минут

На рисунке 3 видна аустенитная структура. Больше всего двойников наблюдаются для 2 группы образцов (образцы, спеченные из порошковой смеси после 1 минуты механоактивации). Зерна не равномерные, встречаются зерна и большие и совсем маленькие. С помощью метода случайных секущих находим средний размер зерен в образцах, таблица 2. Видно, что средний размер зерна несколько увеличился после предварительной механической активации (на 10-20%).

Для оценки механических свойств спеченных образцов было проведено измерение их микротвердости. Значения представлены в таблице 2. Микротвердость образцов 2 группы не изменилась в сравнении с исходной микротвердостью. Однако для 3 группы микротвердость увеличилась в 1,5 раза. Очевидно, это связано с большим наклепом исходных частиц порошковой смеси во время длительной (в течение 5 минут) механической активации.

Выводы:

Определены насыпные плотности всех состояний порошков: без активации – $2,9 \pm 0,12$ г/см³, после активации 1 минуты – $3,3 \pm 0,15$ г/см³, после активации 5 минут – $2,9 \pm 0,10$ г/см³.

У образцов нет существенной связи между временем активации и плотностью до спекания. После спекания плотность образцов уменьшается с увеличением времени активации: до 5 % для образцов после предварительной обработки в течение 5 минут.

Влияние механической активации на усадку во время спекания – незначительно.

У 2 группы есть самая высокая пористость. Средний размер пор после 1 минуты активации увеличивается, затем уменьшается.

С увеличением времени активации повышается величина микротвердости спеченных образцов: в 1,5 раза для образцов после длительной механоактивации.

Металлографическим методом была определена аустенитная структура.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. Новосибирск: Наука. 1986. 305 с.
2. Хань Лян, Ваулина О. Ю. Влияние механической активации на свойства и морфологию порошка инвара // VIII Всероссийская научно-практическая конференция «Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов» г. Томск, мая 2018г. - Томск: Изд-во ТПУ, 2018. - С. 108-112.
3. Influence of mechanical activation of steel powder on its properties [Electronic resource] / O. Yu. Vaulina [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2017. - Vol. 175: Competitive Materials and Technology Processes (IC-CMTP4). - [012038, 4 p.].

4. Абдульменова Е.В., Ваулина О.Ю., Кульков С.Н. Механическая активация и гранулометрический состав порошкового никелида титана // Вестник современных технологий: сборник научных трудов международной конференции «Современные направления и перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении» (10 – 14 сентября 2018 года). – Севастополь. - №1(9). – 2018. – с. 4 – 9.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ «LORA»

Эрнандес Ортис Луис Гильермо

Научный руководитель: Радченко Сергей Евгеньевич

Новосибирский государственный технический университет

АННОТАЦИЯ

Данный проект посвящен разработке системы связи на основе технологии LoRa и ее модуляции, которая дает возможность передачи информации, не пропуская внешние шумы, что позволяет совершать передачу на большие расстояния.

В данной работе совершен обзор таких программно-аппаратных средств как STM32F100RBT6B, технология LoRa, интерфейс SPI, и язык программирования, в частности язык Си, произведена разработка печатной платы, электрической принципиальной схемы и описано разработанное программное решение. Также описан процесс тестирования результирующего устройства (приемо-передатчика LoRa) на работоспособность.

Рассмотрены нормативные акты, регламентирующие условия труда инженера-программиста, сделана оценка себестоимости разработки.

В заключении подведены итоги разработки, выполнено решение задачи, рассмотрены возможные будущие перспективы развития этой технологии в области «интернет вещей», в качестве альтернативной системы связи для передачи мелких данных, пренебрегая большими скоростями.

Ключевые слова: интерфейс, разработка, SPI, STM32, Модуляция, CSS, LoRaWAN, LoRa, Технология, язык Си.